

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ **Offenlegungsschrift**  
⑯ **DE 199 11 741 A 1**

⑯ Int. Cl. 7:  
**B 01 D 53/26**  
F 04 B 39/12  
F 04 B 41/02  
F 04 B 49/00  
B 60 T 17/00

⑯ Aktenzeichen: 199 11 741.1  
⑯ Anmeldetag: 16. 3. 1999  
⑯ Offenlegungstag: 21. 9. 2000

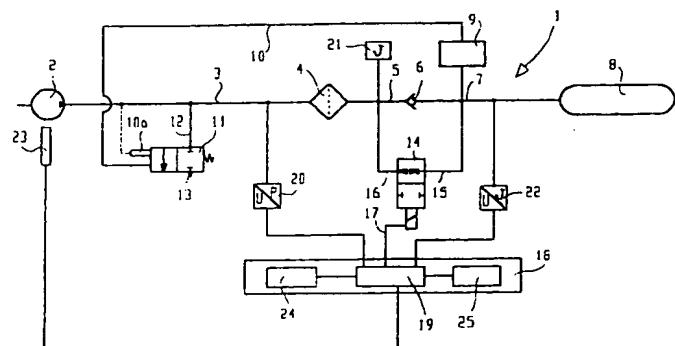
⑯ Anmelder:  
Knorr-Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH,  
80809 München, DE

⑯ Erfinder:  
Melcher, Gernot, 80796 München, DE; Knaust,  
Holger, 85247 Schwabhausen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Vorrichtung und Verfahren zur Luftaufbereitung, insbesondere für pneumatische Bremsanlagen von Kraftfahrzeugen

⑯ Zur Steuerung der Lufttrocknerregenerierung wird der momentane Sättigungsgrad des Lufttrockners (4) verwendet, der sich aus der Menge (V) feuchter Luft und der Menge trockener Regenerationsluft ergibt, die durch den Lufttrockner (4) strömt, wobei die Menge (V) feuchter Luft aus mehreren Förderparametern ( $V_K$ ,  $\eta_K$ ,  $n_K$ ) des Kompressors (2) durch zeitliche Integration ermittelt wird und die Regenerationsluftmenge in Abhängigkeit von der ermittelten Menge feuchter Luft (V) und unter Berücksichtigung einer Systemdruckgröße (p) der Luftaufbereitungs- vorrichtung (1) gesteuert wird (Fig. 1).



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 11 zur Luftaufbereitung.

5 Aus der EP 0 19 9 948 ist eine Aufbereitungsvorrichtung mit einem Kompressor und zwei über ein Wechselventil da- mit verbundenen Lufttrocknern bekannt, die über je ein Rückschlagventil an einen gemeinsamen Druckluftbehälter an- geschlossen sind und von denen abwechselnd jeweils einer zur Trocknung verwendet und der andere mit getrockneter Druckluft regeneriert wird. Bei Erreichen eines vorgegebenen Abschaltdrucks im Behälter schaltet ein Entlüftungsventil von einer Förderstellung in eine Leerlaufstellung um, in der die vom Kompressor geförderte Luft in die Atmosphäre ab- 10 geblasen wird.

Parallel zu den beiden Rückschlagventilen ist ein Magnetventil geschaltet, das in stromlosem Zustand offen ist und trockene Druckluft aus dem Druckluftbehälter in Gegenstromrichtung durch den gerade zu regenerierendem Lufttrock- ner in die Atmosphäre strömen lässt, wodurch dem im Lufttrockner enthaltenen Trockenmittel Feuchtigkeit entzogen und dadurch dessen Wasseraufnahmekapazität regeneriert wird.

15 Die Steuerung der Luftaufbereitung erfolgt durch eine Elektronik, der als Eingangssignale die von einem Drehzahlge- ber gelieferte Kompressordrehzahl und die momentane Schaltstellung des Entlüftungsventils zugeführt werden. In der Elektronik ist ein erster Zähler vorgesehen, der in der Förderstellung des Entlüftungsventils die Kompressordrehzahlsignale zählt, woraus die durch den trocknenden Lufttrockner geförderte Menge an feuchter Luft bzw. der Sättigungsgrad des Lufttrockners bestimmt wird. Ist der Lufttrockner gesättigt, so schaltet die Elektronik das Wechselventil zur Regene- 20 rierung des gesättigten Lufttrockners um. Die Regenerierungsduer wird durch einen zweiten Zähler überwacht, der nach Ablauf einer vorgegebenen Regenerierungszeit die Regenerierung durch Umschalten des Magnetventils beendet. Die Steuerung der Regenerationsluftmenge erfolgt also rein zeitabhängig, was zu einem Überregenerieren und einem zu hohen Druckluftverbrauch bzw. zu einem Unterregenerieren führen kann.

Aus der EP 0 808 756 A1 ist eine Luftaufbereitungsvorrichtung bekannt, bei der zur Überbrückung eines dem Lufttrockner nachgeschalteten Rückschlagventils ein von einer Elektronik angesteuertes Magnetventil verwendet wird, das in stromlosem Zustand geschlossen ist. Die durch den Lufttrockner strömende Regenerationsluftmenge wird hierbei aus dem sich einstellenden Druckgradientenverlauf ermittelt.

Die EP 0 036 569 B1 und EP 0 405 073 B1 beschreiben jeweils Lufttrockner, bei denen die Steuerung der Lufttrocknerregenerierung rein mechanisch erfolgt.

30 Aufgabe der Erfindung ist es, die eingangs genannte Luftaufbereitungsvorrichtung dahingehend zu verbessern, daß sie einen geringeren Luftverbrauch hat und ein Regenerieren des Lufttrockners nur dann stattfindet, wenn es wirklich erforderlich ist.

Das Grundprinzip der Erfindung besteht darin, zur Steuerung der Luftaufbereitung den momentanen Sättigungsgrad des Lufttrockners zu verwenden, der sich aus der Menge feuchter Luft und der Menge trockener Regenerationsluft ergibt, 35 die durch den Lufttrockner strömt, wobei im Gegensatz zum Stand der Technik die Menge feuchter Luft aus mehreren Förderparametern des Kompressors durch zeitliche Integration ermittelt wird und die Regenerationsluftmenge in Abhängigkeit von der ermittelten Menge feuchter Luft und unter Berücksichtigung einer "Systemdruckgröße" der Luftaufbereitungsvorrichtung gesteuert wird.

Als Betriebsparameter zur Bestimmung der Menge feuchter Luft können das Hubvolumen, der Liefergrad und die Drehzahl verwendet werden und als Systemdruckgröße zur Steuerung der Regenerationsluftmenge können der Abschalt- 40 druck oder der Druckverlauf in der Luftaufbereitungsvorrichtung, d. h. beispielsweise der Druck der im Druckbehälter gespeicherten und zur Regeneration verwendeten Luft verwendet werden.

Die zur Regenerierung des Lufttrockners tatsächlich erforderliche Regenerationsluftmenge bzw. die erforderliche Regenerationszeit wird dabei entsprechend der Menge feuchter Luft gesteuert, die sich der letzten Regenerierung durch den Lufttrockner gestromt ist. Zur Steuerung der Lufttrocknerregenerierung ist eine Steuereinrichtung mit integriertem Zähler vorgesehen, dessen Zählerstand dem momentanen Sättigungsgrad entspricht.

Durch die Berücksichtigung des Liefergrades des Kompressors und einer Systemdruckgröße kann der momentane Sättigungsgrad des Lufttrockners im Vergleich zum Stand der Technik exakter bestimmt werden, was eine genauere Bestimmung des erforderlichen Regenerationszeitpunktes und der erforderlichen Regenerationsdauer und somit eine Reduzierung des Verbrauchs an trockener Regenerationsluft ermöglicht.

Eine weitere Verbesserung lässt sich erreichen, wenn der zur Bestimmung der feuchten Luftmenge verwendete Liefergrad in Abhängigkeit vom jeweils herrschenden Kompressorgegendruck und der momentanen Kompressordrehzahl anhand einer Matrix oder durch eine Funktion bestimmt wird, d. h. in Abhängigkeit einzelner Betriebsparameter der Luftaufbereitungsvorrichtung.

55 Für eine noch exakttere Steuerung der Luftaufbereitung kann der Temperaturunterschied zwischen der vom Kompressor geförderten Luft und der Regenerationsluft durch einen Temperatureinflussfaktor berücksichtigt werden, wobei jedoch zur Vereinfachung die Temperatur der geförderten Luft auch gleich der Regenerationslufttemperatur gesetzt werden kann.

Die Berechnung des Fördervolumens bzw. der geförderten Menge feuchter Luft erfolgt durch zeitliche Integration des vom Kompressor geförderten Volumenstroms. Für den Volumenstrom gilt:

$$\dot{V} = V_K \cdot n_K \cdot \eta_K \cdot \vartheta;$$

$V_K$ : Kompressor-Hubvolumen;

60  $n_K$ : Kompressordrehzahl;

$\eta_K$ : Liefergrad des Kompressors;

$\vartheta$ : Temperatureinflussfaktor, zur Berücksichtigung der Temperaturdifferenz zwischen der vom Kompressor geförderten Luft und der Regenerationsluft.

# DE 199 11 741 A 1

Durch zeitliche Integration des Volumenstroms läßt sich das vom Kompressor geförderte Volumen der feuchten Luft nach folgender Formel berechnen:

$$V = \int_0^t (V_K * n_K * \eta_K * \vartheta) dt$$

5

In der Praxis ist selbstverständlich eine näherungsweise Berechnung durch numerische Integration in Zeitschritten der Länge  $\Delta t_a$  möglich:

$$V = \sum_{a=1}^n V_K * n_K * \eta_K * \vartheta * \Delta t_a$$

10

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Luftaufbereitungsvorrichtung mit mechanischem Druckregler;

Fig. 2 eine Luftaufbereitungsvorrichtung mit elektronischem Druckregler;

Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel mit elektronischem Druckregler;

Fig. 4 eine Kurvenschar zur Bestimmung des Liefergrades; und

Fig. 5 eine Matrix zur Bestimmung des Liefergrades.

15

Fig. 1 zeigt eine Luftaufbereitungsvorrichtung 1 mit einem Kompressor 2, der z. B. über ein Getriebe mit einem Fahrzeugmotor (nicht dargestellt) gekoppelt ist und ständig mitläuft und der über eine Eingangsleitung 3 mit einem Lufttrockner 4 mit integrierter Trockenmittelpatrone (nicht dargestellt) verbunden ist. Der Lufttrockner 4 ist über eine Ausgangsleitung 5 mit einem Rückschlagventil 6 verbunden, von dem eine Druckleitung 7 zu einem Druckluftbehälter 8 einer Fahrzeugbremsanlage (nicht dargestellt) führt. An die Druckleitung 7 ist ein Druckregler 9 angeschlossen, der hier mechanisch arbeitet, und der über eine pneumatische Leitung 10 mit dem pneumatischen Steuereingang eines Ablaßventils 11 verbunden ist. Das Ablaßventil 11 kann einen weiteren Steuereingang 10a aufweisen, der mit der Eingangsleitung 3 verbunden ist.

20

Das Ablaßventil 11 weist ferner eine Eingangsleitung 12 auf, die mit der Eingangsleitung 3 verbunden ist und hat einen zur Atmosphäre hin offenen Auslaß 13, wobei in der gezeigten Grundstellung die Eingangsleitung 12 gegenüber dem Auslaß 13 abgesperrt ist.

30

Aufgabe des Druckregelers 9 ist es, bei Erreichen eines vorgegebenen Abschaltdrucks in der Druckleitung 7 bzw. im Druckluftbehälter 8 das Ablaßventil 11 in "Leerlaufstellung" umzuschalten, in der die vom Kompressor 2 geförderte Luft über die Eingangsleitung 12 und den Auslaß 13 in die Atmosphäre geblasen wird, so daß der Kompressor nach Erreichen des Abschaltdruck im "Leerlauf" betrieben wird. Das Ablaßventil 11 wird dann solange in der Leerlaufstellung gehalten, bis der Druck im Druckluftbehälter 8 auf einen vorgegebenen Einschaltdruck abgesunken ist.

35

Ferner ist ein Magnetventil 14 vorgesehen, das parallel zum Rückschlagventil 6 geschaltet ist, wobei ein Eingang 15 des Magnetventils 14 mit der Druckleitung 7 und ein Ausgang 16 mit der Ausgangsleitung 5 verbunden ist. In der hier gezeigten stromlosen Stellung des Magnetventils 14 ist Eingang 15 mit dem Ausgang 16 verbunden, d. h. das Rückschlagventil 6 ist überbrückt. Das Magnetventil 14 weist ferner einen elektrischen Steuereingang 17 auf, der mit einer Steuereinrichtung 18 bzw. einem darin enthaltenen Mikroprozessor 19 verbunden ist.

40

Außerdem ist ein Druckspannungswandler 20 vorgesehen, der einen in der Eingangsleitung 3 herrschenden Druck in eine elektrische Spannung umwandelt und diese der Steuereinrichtung 18 zuführt, was eine Unterscheidung zwischen der Leerlaufstellung und der Förderstellung des Ablaßventils 11 ermöglicht, da der gemessene Druck in der Leerlaufstellung kleiner als in der Förderstellung ist.

45

Weiterhin ist ein mit der Ausgangsleitung 5 verbundener Temperatursensor 21 und ein mit der Druckleitung 7 verbundener Temperaturspannungswandler 22 vorgesehen, der die Temperatur der Druckluft in der Druckleitung 7 mißt und ein dieser entsprechendes Spannungssignal an die Steuereinrichtung 18 liefert.

Ferner ist ein Drehzahlsensor 23 vorgesehen, der hier die Drehzahl des Kompressors 2 mißt und der Steuereinrichtung 18 ein entsprechendes elektrisches Signal zuführt. Da der Kompressor einer pneumatischen Fahrzeugbremsanlage üblicherweise permanent mit dem Fahrzeugmotor mitläuft, kann alternativ zur Kompressordrehzahl auch die Motordrehzahl gemessen werden, wobei dann gegebenenfalls ein Übersetzungswert zwischen Motor und Kompressor zu berücksichtigen ist.

50

Die Steuervorrichtung 18 weist ferner einen Speicher 24 auf, in dem verschiedene für die Steuerung der Luftaufbereitung erforderliche Daten gespeichert sind, wie z. B. das Hubvolumen des Kompressors, der Liefergrad des Kompressors – gegebenenfalls als Funktion des Kompressorgegendrucks und der Kompressordrehzahl – der Abschaltdruck des Druckreglers 9, ein Temperaturreinflußfaktor  $\vartheta$  zur Berücksichtigung des Temperaturunterschieds zwischen der vom Kompressor 2 geförderten Luft und der zur Regenerierung des Lufttrockners 4 verwendeten Druckluft 9, ein Regenerationsluftfaktor  $i_B$  der z. B. vom Abschaltdruck des Druckreglers 9 abhängt, Leitungs- bzw. Ventilquerschnitte und Strömungsverlustfaktoren einzelner Komponenten.

55

Die Steuereinrichtung 18 weist ferner einen Zähler 25 auf, der durch den Mikroprozessor 19 gesteuert wird und dessen Zählerstand dem momentanen Sättigungsgrad bzw. der momentanen Wasseraufnahmekapazität des Lufttrockners 4 entspricht.

60

Im Folgenden wird die Funktionsweise der Luftaufbereitungsvorrichtung beschrieben:

Beim Starten eines Fahrzeugs mit einer pneumatischen Bremsanlage muß zunächst sichergestellt sein, daß ein ausreichender Vorrat trockener Druckluft mit ausreichend hohem Luftdruck vorhanden ist. Der Kompressor 2 erzeugt durch Komprimieren von Umgebungsluft Druckluft, die dann durch die im Lufttrockner 4 enthaltene Trockenmittelpatrone strömt, wobei ihr Feuchtigkeit entzogen wird, und die weiter über das Rückschlagventil 6 in den Druckluftbehälter 8

65

strömt, der als Druckluftspeicher für eine daran angeschlossene Bremsanlage (nicht dargestellt) dient.

Da die Trockenmittelpatrone des Luftrockners 4 nur eine begrenzte Wasseraufnahmekapazität besitzt muß diese in regelmäßigen Abständen, d. h. bei Erreichen eines bestimmten Sättigungsgrades durch trockene Luft regeneriert werden, wofür hier ebenfalls die im Druckluftbehälter 8 gespeicherte Druckluft verwendet wird.

5 Um die Wasseraufnahmekapazität des Luftrockners möglichst optimal auszuschöpfen, ist es wichtig, daß der Sättigungsgrad des Luftrockners, bei dem die Regenerierung beginnen soll, d. h. der optimale Regenerationszeitpunkt möglichst genau bestimmbar wird. Für eine optimale Regenerierung des Luftrockners mit möglichst geringem Druckluftverbrauch ist es ferner wichtig, daß die erforderliche Menge trockener Regenerationsluft möglichst exakt gesteuert wird, was durch Steuerung der Regenerationsdauer, d. h. durch zeitliche Steuerung der Ventile 11 und 14 erfolgen kann.

10 Der momentane Sättigungsgrad des Luftrockners 4 wird aus der Menge feuchter Luft und der Regenerationsluftmenge ermittelt, die durch den Luftrockner 4 gestromt ist, was durch die Steuervorrichtung 18 überwacht wird, wobei der Zählerstand des Zählers 25 dem momentanen Sättigungsgrad entspricht. Der Zählerstand erhöht sich z. B. beim Befüllen des Druckluftbehälters 8 und vermindert sich während des Regenerierens.

15 Befindet sich das Ablaßventil 11 in der hier gezeigten Sperrstellung, d. h. strömt feuchte Luft durch den Luftfilter 4, so berechnet die Steuereinrichtung 4 aus dem Hubvolumen  $V_K$ , der momentanen Drehzahl  $n_K$ , dem Liefergrad  $\eta_K$  das Volumen, der durch den Luftfilter 4 strömenden feuchten Luft, wobei der Zählerstand entsprechend der Zunahme des Fördervolumens erhöht wird. Für eine weitere Verbesserung der Rechengenauigkeit kann noch der Temperatureinflußfaktor  $\vartheta$  entsprechend der Formel

$$20 \quad V = \sum_{a=1}^n V_K * n_K * \eta_K * \vartheta * \Delta t_a$$

berücksichtigt werden, der entweder als konstanter Wert angesetzt werden kann oder zeitlich variabel sein und mit Hilfe des Temperatur/Spannungswandlers 22 ermittelt werden kann. In dieser "Trocknungsphase" befindet sich das Magnetventil 14 nicht in der in Fig. 1 gezeigten stromlosen Stellung, sondern wird durch die Steuervorrichtung 18 angesteuert und sperrt den Eingang 15 gegenüber dem Ausgang 16 ab.

Bei Erreichen eines bestimmten Sättigungsgrades, der einem bestimmten Endzählerstand entspricht, schaltet die Steuereinrichtung 18 den Steuereingang 17 ab und das Magnetventil geht in die hier gezeigte Regenerierungsstellung.

25 Gleichzeitig schaltet das Ablaßventil 11 in Ablaßstellung, so daß trockene Regenerationsluft aus dem Druckluftbehälter 8 über das Magnetventil 14 vorbei am Rückschlagventil 6 in Gegenstromrichtung durch den Luftrockner 4 und weiter über das Ablaßventil 11 in die Atmosphäre strömen kann, wobei der Trockenmittelpatrone Feuchtigkeit entzogen wird und die Wasseraufnahmekapazität des Luftrockners 4 regeneriert wird. Da der Druckregler 9 mechanisch arbeitet und nicht unmittelbar mit der Steuervorrichtung 18 gekoppelt ist, ist hier der Druck/Spannungswandler 20 vorgesehen, der eine beim Umschalten des Ablaßventils 11 auftretende Druckänderung serisiert und der Steuervorrichtung 18 mitteilt.

30 Die zur Regenerierung erforderliche Regenerationsluftmenge wird dadurch gesteuert, daß die Steuervorrichtung 18 nach einer bestimmten Regenerationszeit das Magnetventil 14 wieder in Sperrstellung schaltet und dadurch die Regenerierung beendet. Die erforderliche Regenerationszeit  $t_{Reg}$  wird dabei in Abhängigkeit vom Sättigungsgrad zu Beginn der Regenerierung bzw. dem zugeordneten aktuellen Zählerstand und einem Regenerationsluftfaktor  $i_p$  ermittelt, der entweder eine Konstante oder eine Variable sein kann, die vom Druck der Regenerationsluft oder vom Abschaltdruck des Druckreglers 9 abhängen kann. Die erforderliche Regenerationszeit  $t_{Reg}$  kann z. B. nach folgender Formel berechnet werden:

$$t_{Reg} = k \cdot i_p \cdot V$$

45 wobei der Regenerationsluftfaktor  $i_p$  z. B. folgendermaßen in Abhängigkeit des Abschaltdrucks  $p_{ah}$  gewählt werden kann.

$p$	8 bar	10 bar	12 bar
$i_p$	15 %	12 %	10 %

55 Alternativ dazu kann der Regenerationsluftfaktor  $i_p$  auch als druckabhängige Funktion im Speicher 24 gespeichert sein.

V ist hierbei das seit der letzten Regenerierung durch den Luftrockner gestromte Volumen feuchter Luft und k ist eine Konstante, mit der die Strömungsgeometrie der Luftaufbereitungsvorrichtung, wie z. B. das Durchflußvolumen des Magnetventils 14 berücksichtigt wird.

60 Während der Regenerationsphase wird der Zählerstand entsprechend der verbrauchten Regenerationsluftmenge bzw. entsprechend der abgelaufenen Regenerationszeit  $t_{Reg}$  dekrementiert, bis ein vorgegebener Zählerstand erreicht ist, der die Beendigung der Luftrockneraufbereitung anzeigen.

Bei dieser Regenerationsluftmengenbestimmung wird die Annahme getroffen, daß in der Eingangsleitung 3 des Luftrockners 4 zu 100% gesättigte Luft vorliegt. Alternativ dazu kann zur Berechnung des Sättigungsgrades auch vorgesehen sein, daß der Zähler 25 in Abhängigkeit von den aktuell vorliegenden Werten der Drehzahl  $n_K$ , des Liefergrades  $\eta_K$  und des Temperatureinflußfaktors  $\vartheta$  schneller oder langsamer hochzählt.

65 Wie in Fig. 1 gezeigt, ist das Magnetventil 14 in unbestromten Zustand offen, d. h. es befindet sich in Regenerierungsstellung. Ist im Druckluftbehälter 8 ein bestimmter Vorratsdruck erreicht, so schaltet der Druckregler 9 das Ablaßventil

11 in Leerlaufstellung, solange bis der Druck im Druckluftbehälter 8 auf einen vorgegebenen Einschaltdruck abgesunken ist. Ein stromlos offenes Magnetventil 14 hat dabei den Vorteil, daß bei Ausfall der Steuervorrichtung 18 eine einfache permanente Notregenerierung bis zum Erreichen dieses Einschaltdrucks des Druckreglers 9 möglich ist.

Mit einer derartigen Regenerationssteuerung ist auch eine Zwischenregenerierung möglich, z. B. wenn während des Auffüllvorganges des Druckluftbehälters 8 die Trockenmittelkapazität vor Erreichen des Abschaltdruckes erreicht wird. 5

Ferner können durch die Steuervorrichtung 18 zu kurze Regenerationszyklen berücksichtigt werden, die bei ungünstigen Fahrzuständen, wie z. B. Stadt Fahrten durch überhöhte Einschaltzeiten des Kompressors auftreten. Die Elektronik erkennt in solchen Fällen unterbrochene Regenerationszyklen und holt diese später bei günstigeren Fahrzuständen nach.

Sollten die ungünstigen Fahrzustände längere Zeit anhalten, so daß die Trockenmittelpatrone naß gefahren wird, ist ein beschleunigtes Trockenfahren übersättigter Patronen möglich, indem mehrmals die gesamte Schaltspanne des Druckreglers zum Regenerieren verwendet wird. 10

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem ein elektronischer Druckregler 9 verwendet wird. Im Unterschied zu Fig. 1 ist hier der Druckspannungswandler 20 mit der Druckleitung 7 verbunden und liefert der Steuervorrichtung den aktuellen Behälterdruck. Erreicht der Behälterdruck den vorgegebenen Abschaltdruck, so schaltet der elektronische Druckregler das Ablaßventil 11 um, d. h. der Kompressor 2 befindet sich dann in der Leerlaufphase. 15

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem ebenfalls ein elektronischer Druckregler 9 verwendet wird. Im Unterschied zu Fig. 2 ist der Eingang 15 des Magnetventils 14 mit der vom Druckregler 9 kommenden Leitung 10 und der Ausgang 16 mit der Ausgangsleitung 5 des Lufttrockners 4 verbunden. Im Gegensatz zu den Fig. 1 und 2 sperrt das Magnetventil 14 im stromlosen Zustand. 20

Bei der Bestimmung der vom Kompressor geförderten Menge feuchter Luft, kann der Liefergrad  $\eta_K$  des Kompressors in verschiedener Weise in die Berechnung eingehen, was im Zusammenhang mit den Fig. 4 und 5 näher erläutert wird.

Eine Möglichkeit besteht darin, den Liefergrad  $\eta_K$  über den gesamten möglichen Drehzahl- und Gegendruckbereich als konstant anzusetzen, z. B.  $\eta_K = 0,55$ . 25

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Liefergrad  $\eta_K$  als Funktion in Abhängigkeit von der Drehzahl  $n_K$  und dem Kompressorgegendruck  $p$  zu beschreiben, wobei eine entsprechende Funktion zur Bestimmung des Liefergrades  $\eta_K$  im Speicher 24 der Steuervorrichtung abgelegt sein kann. In Fig. 4 ist der Liefergrad  $\eta_K$  durch eine Kurvenschar für drei verschiedene Gegendrücke  $p_1, p_2$  bzw.  $p_3$  über der Kompressordrehzahl  $n_K$  dargestellt.

Alternativ dazu kann der Liefergrad  $\eta_K$  auch durch eine im Speicher 24 abgelegte Matrix beschrieben werden, was in Fig. 5 dargestellt ist. In den einzelnen Feldern dieser Matrix sind unterschiedliche Werte eingetragen, die jeweils einem bestimmten "Gegendruckbereich", z. B.  $p_1 < p < p_2$  und einem bestimmten Drehzahlbereich  $n_1 < n_K < n_2$  zugeordnet sind. 30

Bei der Bestimmung des Liefergrades  $\eta_K$  können auch "Mischformen" verwendet werden. Es kann beispielsweise vorgesehen sein, daß  $\eta_K$  in einem Bereich von 0 bis 8 bar als konstant angesetzt wird und oberhalb 8 bar durch eine Funktion oder eine Matrix beschrieben wird. 35

#### Patentansprüche

1. Luftaufbereitungsvorrichtung, insbesondere für pneumatische Bremsanlagen von Kraftfahrzeugen, mit einem Kompressor, einem daran angeschlossenen Lufttrockner, der über ein Rückschlagventil und eine Druckleitung mit einem Luftspeicher verbunden ist, wobei ein Entlüftungsventil vorgesehen ist, mittels dem der Kompressor bei Erreichen eines vorgegebenen Abschaltdrucks in der Druckleitung mit Atmosphäre verbindbar ist, mit einem parallel zu dem Rückschlagventil geschalteten Magnetventil, das in einer ersten Stellung sperrt und das bei Erreichen eines vorgegebenen Sättigungsgrades des Lufttrockners in eine Regenerationsstellung schaltet, in der getrocknete Regenerationsluft aus dem Luftspeicher in Gegenstromrichtung durch den Lufttrockner in die Atmosphäre strömt, einem Drehzahlgeber, der ein der Drehzahl des Kompressors entsprechendes Signal erzeugt und einer elektronischen Steuervorrichtung zuführt, die den Sättigungsgrad ermittelt und das Magnetventil steuert, wobei der Sättigungsgrad aus der Menge feuchter Luft und der Regenerationsluftmenge ermittelt wird, die durch den Lufttrockner strömt, dadurch gekennzeichnet, 40

daß die Menge feuchter Luft aus dem Hubvolumen ( $V_K$ ) und dem Liefergrad ( $\eta_K$ ) und der Drehzahl ( $n_K$ ) des Kompressors (2) durch zeitliche Integration ermittelt wird und

daß die Regenerationsluftmenge in Abhängigkeit von der ermittelten Menge feuchter Luft und dem Regenerationsluftdruck gesteuert wird. 45

2. Luftaufbereitungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestimmung des Sättigungsgrades der Temperaturunterschied ( $\vartheta$ ) zwischen der vom Kompressor (2) geförderten Luft und der Temperatur der Regenerierungsluft berücksichtigt wird. 55

3. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Liefergrad ( $\eta_K$ ) zumindest in einem vorgegebenen Druckbereich in der Druckleitung (7) als konstant angesetzt wird.

4. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Liefergrad ( $\eta_K$ ) durch eine vom Kompressorgegendruck ( $p$ ) und der Drehzahl ( $n_K$ ) des Kompressors (2) abhängige Funktion beschrieben ist, die in der Steuervorrichtung (18) gespeichert ist. 60

5. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Liefergrad ( $\eta_K$ ) durch die Felder einer Matrix beschrieben ist, die jeweils einem Bereich ( $p_1, p_2$ ) des Kompressorgegendrucks und einem Drehzahlbereich ( $n_1, n_2$ ) des Kompressors (2) zugeordnet sind.

6. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetventil (14) in stromlosen Zustand in Regenerationsstellung ist. 65

7. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschalt- druck durch einen an die Druckleitung (7) angeschlossenen Druckregler (9) überwacht wird, welcher das Entlüf-

# DE 199 11 741 A 1

tungsventil (11) steuert.

8. Luftaufbereitungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckregler (9) ein mechanischer Druckregler ist und daß zwischen dem Kompressor (2) und dem Lufttrockner (4) ein Druckmeßwandler (20) angeschlossen ist, welcher der Steuervorrichtung (18) ein dem gemessenen Druck entsprechendes elektrisches Signal liefert.

9. Luftaufbereitungsvorrichtung für Druckluft nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckregler (9) ein elektronischer Druckregler ist und daß an die Druckmeßleitung (7) ein Druckmeßwandler (22) angeschlossen ist, welcher der Steuervorrichtung (18) ein dem gemessenen Druck entsprechendes elektrisches Signal liefert.

10. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Temperaturmeßwandler (22) vorgesehen ist, der die Lufttemperatur in der Druckleitung (7) mißt und der Druckregler (9) ein mechanischer Druckregler ist und der der Steuervorrichtung (18) ein der gemessenen Lufttemperatur entsprechendes elektrisches Signal liefert.

11. Verfahren zum Aufbereiten von Druckluft, insbesondere für pneumatische Bremsanlagen von Kraftfahrzeugen, bei dem Druckluft durch einen Kompressor erzeugt und mittels eines daran angeschlossenen Lufttrockners getrocknet wird bis ein bestimmter Sättigungsgrad des Lufttrockners erreicht ist, der aus der Menge feuchter Luft und der Regenerationsluftmenge ermittelt wird, die durch den Lufttrockner strömt, wobei der Lufttrockner bei Erreichen des vorgegebenen Sättigungsgrades regeneriert wird, indem Regenerationsluft im Gegenstrom durch den Lufttrockner geleitet wird und wobei zur Bestimmung der Menge der durch den Lufttrockner strömenden feuchten Luft ein der Drehzahl des Kompressors entsprechendes elektrisches Signal verwendet wird, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Menge feuchter Luft aus dem Hubvolumen ( $V_K$ ) und dem Liefergrad ( $\eta_K$ ) und der Drehzahl ( $n_K$ ) des Kompressors (2) durch zeitliche Integration ermittelt wird und  
daß die Regenerationsluftmenge in Abhängigkeit von der ermittelten Menge feuchter Luft und dem Regenerationsluftdruck gesteuert wird.

25

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

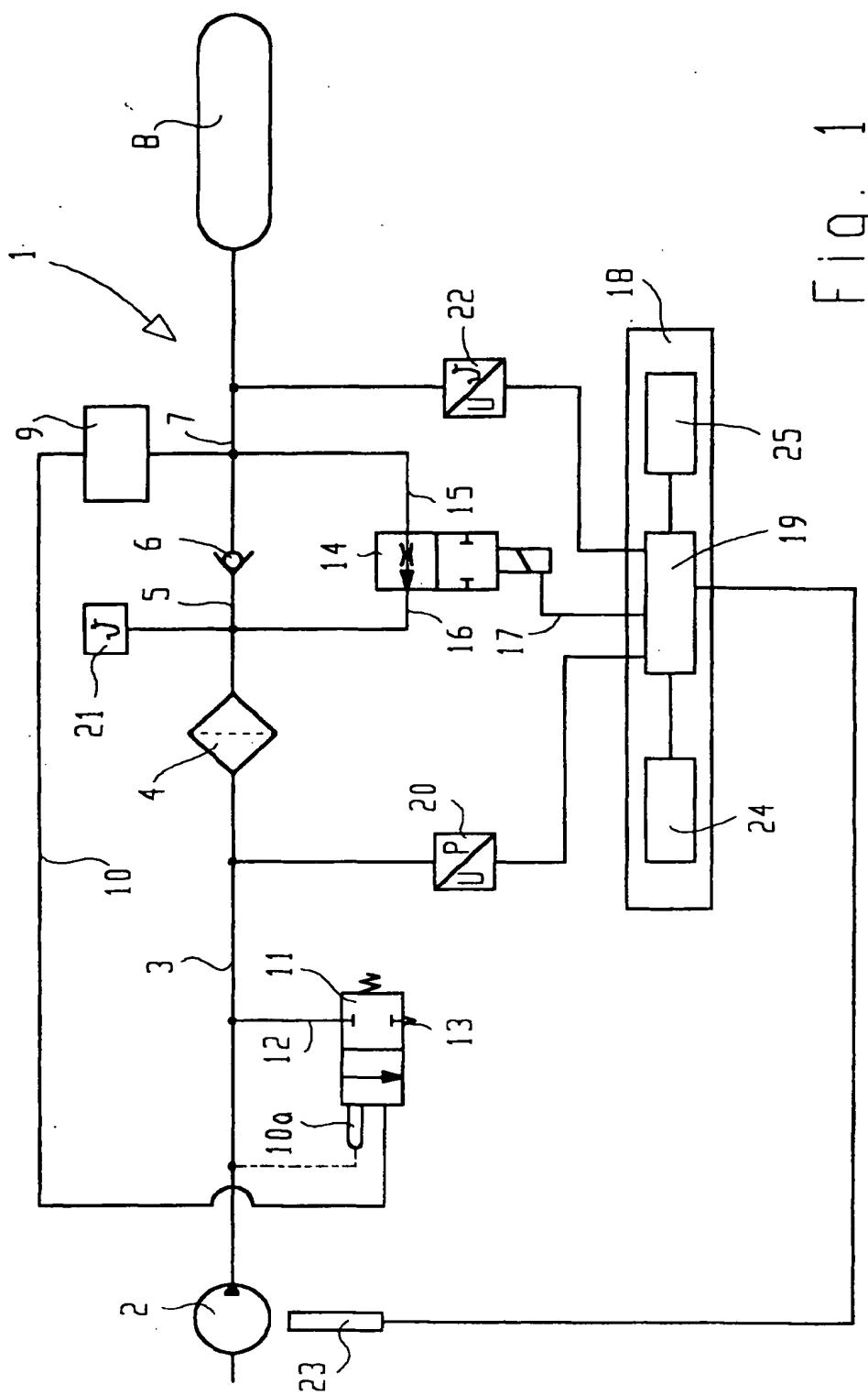


Fig. 1

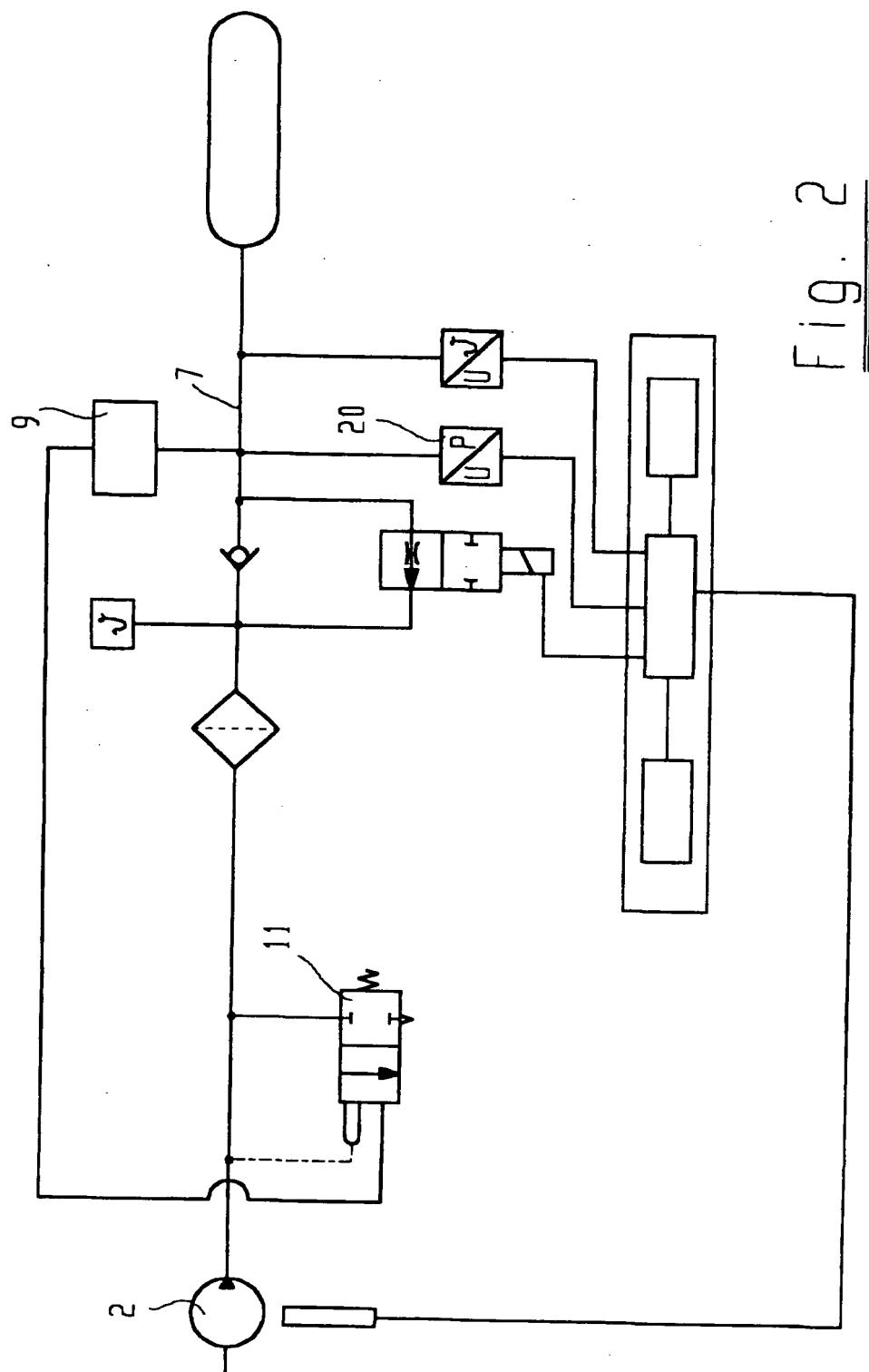


Fig. 2

